

LOW-TEMPERATURE HEAT ENERGY-TO-MECHANICAL WORK CONVERSION METHOD

Patent number: RU2162161
Publication date: 2001-01-20
Inventor: SAMKHAN I I
Applicant: SAMKHAN IGOR ISAAKOVICH
Classification:
- international: F03G7/06; F01K27/00
- european:
Application number: RU19980107977 19980420
Priority number(s): RU19980107977 19980420

Report a data error here

Abstract of RU2162161

power engineering. SUBSTANCE: method includes expansion of subsonic operating medium flow with supply of heat from external source of energy at higher temperature level, expansion of flow with taking off of mechanical work, and compression of operating medium by changing flow velocity and exposure to action of energy from additional energy source at lower temperature level. When flow is acted upon by energy from additional source, additional energy or agent is supplied to operating medium flow. Method can be used at operating medium temperatures lower than those ambient medium. EFFECT: increased efficiency of heat-mechanical conversions, enlarged sphere of application. 8 cl, 6 dwg

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RU (11) 2 16 2161 (13) C2
(51) МПК⁷ F 03 G 7/06, F 01 K 27/00

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98107977/06, 20.04.1998

(24) Дата начала действия патента: 20.04.1998

(46) Дата публикации: 20.01.2001

(56) Ссылки: 1. ЛЕОНТЬЕВ А.И., ШМИДТ К.Л. Бескомпрессорный идеальный цикл замкнутой газотурбинной установки. Известия РАН. - Энергетика. 1997. N 3, с.132 - 141. 2. RU 2078253 C1, 27.04.1997. 3. ФИСЕНКО В.В. Сжимаемость теплоносителя и эффективность работы контуров циркуляции ЯЭУ. - М.: Энергоатомиздат. 1987, с.108. 4. БАСКАКОВ А.Б., БЕРГ Б.В., ВИТТ О.К. и др. - Теплоэнергетика, 1991, с.224. 5. ФИСЕНКО В.В. Критические двухфазные потоки. - М.: Атомиздат. 1978, с.160.

(98) Адрес для переписки:
150014, г.Ярославль, ул. Б. Октябрьская 73,
кв.87, Самхану И.И.

(71) Заявитель:
Самхан Игорь Исаакович

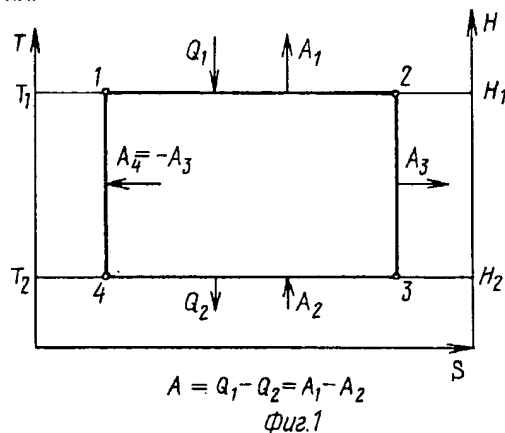
(72) Изобретатель: Самхан И.И.

(73) Патентообладатель:
Самхан Игорь Исаакович

(54) СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКУЮ РАБОТУ

(57) Способ предназначен для использования в энергомашиностроении. Способ включает расширение дозвукового потока рабочей среды с подводом к нему теплоты от внешнего источника энергии на более высоком температурном уровне, расширение потока с отбором механической работы, сжатие рабочей среды изменением скорости потока и воздействием на него дополнительным источником энергии на более низком температурном уровне. При воздействии на поток дополнительным источником энергии к потоку рабочей среды подводят дополнительную энергию или вещество. Способ может быть реализован при температурах рабочей среды меньших уровня окружающей среды. Изобретение обеспечивает повышение КПД

тепломеханических преобразований и расширяет область применения. 7 з.п. ф-лы, 6 ил.





RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **98107977/06, 20.04.1998**

(24) Effective date for property rights: **20.04.1998**

(46) Date of publication: **20.01.2001**

(98) Mail address:
150014, g. Jaroslavl', ul. B. Oktjabr'skaja
73, kv. 87, Samkhanu I.I.

(71) Applicant:
Samkhan Igor' Isaakovich

(72) Inventor: Samkhan I.I.

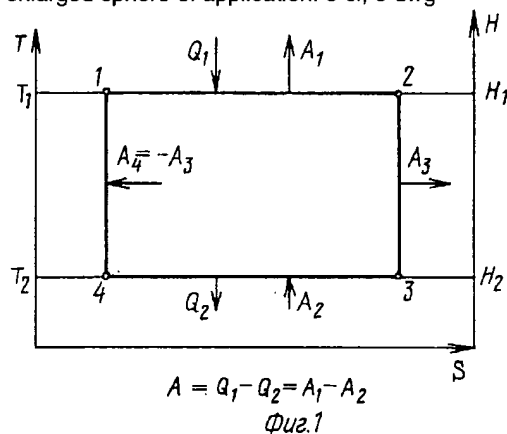
(73) Proprietor:
Samkhan Igor' Isaakovich

(54) **LOW-TEMPERATURE HEAT ENERGY-TO-MECHANICAL WORK CONVERSION METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: power engineering. SUBSTANCE: method includes expansion of subsonic operating medium flow with supply of heat from external source of energy at higher temperature level, expansion of flow with taking off of mechanical work, and compression of operating medium by changing flow velocity and exposure to action of energy from additional energy source at lower temperature level. When flow is acted upon by energy from additional source, additional energy or agent is supplied to operating medium flow. Method can be used at operating medium temperatures lower than those ambient medium. EFFECT: increased efficiency of heat-mechanical conversions,

enlarged sphere of application. 8 cl, 6 dwg



RU 2 162 161 C2

RU 2 162 161 C2

в частности к способам, использующим рабочую среду в газообразной или жидкой фазах для получения механической энергии из теплоты внешнего источника, предпочтительно низкотемпературного источника.

Широко известны способы преобразования тепловой энергии в работу в паротурбинных агрегатах, работающих по циклу Ренкина. В этих способах производится сжатие рабочей жидкости, ее нагревание от внешнего теплового источника с образованием пара, расширение пара с получением механической энергии (работы), охлаждение и конденсация пара до жидкого состояния в процессе теплового взаимодействия пара с дополнительным тепловым источником, в качестве которого используется окружающее пространство [1].

Известен способ преобразования теплоты в работу [2], в котором выработку механической энергии проводят расширением в турбине двухфазной рабочей среды (смеси пара и жидкости), а для замыкания цикла рабочую среду после турбины разделяют на паровую и жидкую составляющие, первую из которых охлаждают и конденсируют при тепловом контакте с дополнительным источником энергии окружающей средой, причем давление общего потока рабочей среды повышают смешением разогнанного до сверхзвуковых скоростей потока пара рабочей среды и потока ее нагретого жидкого компонента.

Известен способ [3] преобразования тепловой энергии внешнего источника теплоты в механическую работу, позволяющий повысить коэффициент полезного действия теплового агрегата до значений, близких к единице, т.е. до полного превращения теплоты рабочей среды в механическую работу. В этом способе, включающем нагревание рабочей среды, ее расширение с получением механической работы и сжатие, столь высокая эффективность достигается разделением рабочей среды в центробежном поле сверхзвукового закрученного потока на "горячие" и "холодные" составляющие, первую из которых используют для регенерации теплоты и повторного расширения, а вторую перед нагреванием предварительно сжимают в компрессоре.

Известен способ преобразования тепловой энергии внешнего источника теплоты в механическую работу, выбранный в качестве аналога, наиболее близкого к предлагаемому изобретению по совокупности признаков (прототип), заключающийся в получении механической работы в бескомпрессорном цикле замкнутой газотурбинной установки [4]. Он состоит в следующем. В подогреваемом дозвуковом канале газ (рабочую среду) разгоняют до скорости звука. Статистическая температура газа при этом поддерживается постоянной за счет повышения скорости потока при изменении площади канала. Далее газ поступает на колесо активной турбины, где расширяется с понижением скорости и совершает работу. После турбины газовый поток расширяют в сверхзвуковом теплоизолированном сопле. Затем для замыкания цикла газ подают в сверхзвуковой охлаждаемый диффузор, в котором давление газа повышается (газ сжимают) при

за счет изменения геометрии сопла и передачи части тепловой энергии потока дополнительному источнику энергии - холодильнику. После этого цикл замыкают торможением газа (рабочей среды) в теплоизолированном сопле с преобразованием кинетической энергии движения потока в потенциальную энергию рабочей среды.

Известный способ обладает эффективностью цикла Карно, а благодаря регулированию скорости потока рабочей среды как дополнительного параметра процесса в этом цикле удается обойтись без применения компрессора для замыкания цикла.

Недостатком известного способа является невозможность достаточно эффективного преобразования теплоты в работу, т.к. и в этом способе значительная часть подводимой тепловой энергии теряется в холодильнике (дополнительном источнике энергии). Особенно большие потери тепловой энергии (до 80%) возникают в этом случае при использовании внешних тепловых источников с температурой 100-150°C.

Целью предлагаемого изобретения является повышение коэффициента полезного действия теплового агрегата за счет полного преобразования теплоты рабочей среды, получаемой от внешнего источника, в механическую работу.

Указанная цель достигается тем, что и в способе преобразования тепловой энергии внешнего источника теплоты в механическую работу, включающем нагревание (повышение энергии) дозвукового потока рабочей среды передачей ему теплоты от внешнего источника, расширение потока с выполнением механической работы, изменение скорости движения потока регулированием геометрии сопел или каналов и энергообмена с дополнительным источником энергии, а также сжатие рабочей среды путем торможения потока с преобразованием его кинетической энергии движения в потенциальную, энергообмен между потоком рабочей среды и дополнительным источником энергии, осуществляемый при изменении скорости потока, проводят с подведением к рабочей среде потоков энергии и/или массы (вещества).

Технический результат усиливается, если после расширения потока его скорость увеличивают до значений больших скорости звука.

Кроме того, особенностями предлагаемого способа, приводящими к достижению технического результата, являются:

- использование в качестве дополнительного источника энергии источника механической работы (вместо теплового источника в прототипе);

- использование в качестве дополнительного источника энергии части общего потока рабочей среды повышенной плотности, которую предварительно выделяют из общего потока рабочей среды после его расширения с помощью гравитационного и/или центробежного полей, а затем впрыскивают (вводят) в ускоренный поток другой части рабочей среды пониженной плотности;

- применение в качестве рабочей среды смеси компонентов с различными

- использование в качестве рабочих сред смесей жидких и газообразных веществ;
- проведение многоступенчатого нагревания и расширения среды;
- проведение непосредственно перед нагреванием рабочей среды ее дополнительного сжатия.

В заявленном способе в отличие от известного способа процесс сжатия рабочей среды в сверхзвуковом диффузоре, проводимый снижением скорости движения потока с отбором тепловой энергии, заменяют процессом сжатия рабочей среды в канале переменного сечения с подводом вещества или энергии, например механической.

В предлагаемом способе для замыкания цикла сжатие потока рабочей среды при совершении работы проводят с одновременным и энергетически эквивалентным повышением скорости движения потока. В этом случае процесс повышения давления рабочей среды может протекать при постоянных значениях энтальпии и температуры потока.

Это положение поясняется с использованием выражения закона сохранения энергии для потока

$$\Delta H = Q + A + W, \quad (1)$$

определяющего зависимость изменения энтальпии ΔH вещества как от величин потоков теплоты Q и работы A , так и от величины кинетической энергии движения среды W . Из (1) следует, что для традиционного статического идеального газового цикла Карно, протекающего бесконечно медленно ($W = 0$), сжатие или расширение рабочей среды в изотермических ($T = \text{const}$) и изоэнтальпических ($H = \text{const}$) процессах возможно лишь при одновременном обмене рабочей среды и источников энергии эквивалентными количествами тепловой Q , и механической A_i энергии на каждом температурном уровне T_i т.е. при постоянной температуре имеет место равенство

$$\Delta H_i = Q_i + A_i = 0 \text{ и } \pm Q_i = \mp A_i.$$

В известном способе (прототипе) изотермическое сжатие (и расширение) рабочей среды осуществляют лишь при одной форме взаимодействия рабочей среды с источниками энергии, а именно при тепловом взаимодействии, в то время как обмен механической энергией (работой) при этом отсутствует ($A = 0$) (т.е. цикл бескомпрессорный). Постоянство энтальпии и температуры рабочей среды в этом случае достигается отбором от потока тепловой энергии (охлаждением потока) и снижением его скорости при сжатии рабочей среды и нагревом потока с повышением его скорости при расширении, или иначе при $A = 0$ выражение (1) преобразуется к виду

$$\Delta H_i = Q_i + W_i = 0 \text{ и } \pm Q_i = \mp W_i.$$

В заявленном способе предлагается (в случае газового цикла) проводить изотермическое (и изоэнтальпическое) сжатие рабочей среды после турбины при передаче потоку энергии, например, путем совершения механической работы, и повышение его скорости за счет изменения геометрических размеров сопел (каналов), т.е. в этом случае

$$\Delta H_i = A_i + W_i = 0 \text{ и } -A_i = W_i.$$

Особенностями энергетического баланса предлагаемого способа являются

преобразования тепловой энергии рабочей среды Q_{out} , получаемой от внешнего теплового источника в механическую энергию A_{out} , передаваемую внешнему потребителю;

- использование двух источников тепловой энергии для передачи расширяющемуся потоку рабочей среды тепловой энергии Q_1 на верхнем температурном уровне T_1 цикла, одним из которых является внешний тепловой источник теплоты с тепловым потоком Q_{out} , а другой - внутренним с тепловым потоком Q_{in} , выделяющимся преобразованием части скоростного напора потока в работу трения (внутренняя работа) и равным количеству энергии A_2 , затраченной при сжатии потока на нижнем температурном уровне T_2 цикла ($Q_1 = Q_{\text{out}} + Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}} + A_2$).

Применительно к идеальному газовому циклу с изотермическими процессами сжатия и расширения количественные соотношения между работой A_{out} , передаваемой внешнему потребителю, тепловой энергией Q_{out} , полученной потоком от внешнего теплового источника при температуре T_1 , количеством энергии A_2 , полученной потоком при сжатии на температурном уровне T_2 и общим количеством теплоты $Q_1 = (Q_{\text{out}} + A_2)$, подведенным к потоку при температуре T_1 , определяется выражением

$$\frac{A_{\text{out}}}{Q_1} = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_1} = \frac{Q_1 - A_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (2)$$

формально похожим на температурную зависимость коэффициента полезного действия цикла Карно.

Однако, в отличие от цикла Карно и способа прототипа, в заявляемом способе количество потребляемой тепловой энергии Q_{out} практически полностью преобразуется в отводимую механическую энергию A_{out} , т.е. $A_{\text{out}} = Q_{\text{out}}$ независимо ни от значений температур, ни от величины температурного диапазона $\Delta T = T_1 - T_2$. Температурный диапазон определяет лишь производительность цикла, т.е. количественные значения потоков Q_{out} и A_{out} . Причем, как следует из (2), работоспособность цикла возрастает с увеличением его температурного диапазона $\Delta T = T_1 - T_2$, которое так же как в способе прототипа может быть достигнуто повышением скорости потока до сверхзвуковых значений.

Общее количество вырабатываемой в таком цикле механической энергии A_1 определяется, как обычно, алгебраической суммой потоков энергии верхнего и нижнего температурного (энергетического) уровней цикла, т.е.

$$A_1 = Q_1 = Q_{\text{out}} + A_2 > A_{\text{out}}.$$

Часть вырабатываемой при этом механической энергии, равной A_2 , используют в качестве внутреннего, регенеративного дополнительного источника энергии, а остальную часть $A_{\text{out}} = Q_{\text{out}}$ отводят внешнему потребителю.

По достигаемой степени преобразования потока тепловой энергии внешнего источника в механическую энергию заявленный способ,

соответственно, способ прототипа, фактически эквивалентен аналогичному способу [3] с регенерацией тепловой энергии потока рабочей среды на энергетического уровня с применением Циркуляционных полей. Однако, в отличие от известного аналога [3], предлагаемый способ может быть проще в осуществлении из-за отсутствия многоступенчатой системы регенерации и допускает использование низкотемпературных тепловых источников из-за отсутствия ограничений температурного диапазона цикла уровнем окружающей среды.

Заявляемый способ может быть также реализован с применением рабочих сред в виде сложных многофазных парогазожидкостных смесей. В этом случае повышение давления рабочей смеси после турбины, необходимое для замыкания цикла, проводят с использованием более плотной жидкой фазы в качестве дополнительного источника энергии и вещества. При этом повышение давления рабочей среды происходит за счет снижения ее внутренней энергии. Процесс осуществляют следующим образом. Поток рабочей среды после турбины разделяют в сепараторе на жидкую (более плотную) и газообразную (менее плотную) составляющие (фазы). Газообразную составляющую общего потока разгоняют до сверхзвуковых скоростей с помощью сопла Лаваля. При этом энергия теплового (хаотического) движения газовых молекул в значительной степени преобразуется в кинетическую энергию движения потока, а внутренняя энергия (и статистическая температура среды) понижается. Далее в сверхзвуковой газовой поток вводят поток выделенной в сепараторе жидкости. При смешении потоков изменяется показатель изэнтропии (адиабаты) смеси, снижается местная скорость звука и происходит скачок уплотнения с преобразованием кинетической энергии потока в потенциальную энергию сжатия, сопровождающийся конденсацией паровой фазы. По своему физическому смыслу возникающие в этом случае эффекты обратны известному процессу дросселирования Джоуля-Томсона.

Кроме того, в предлагаемом способе наряду с указанными выше процессами (операциями) возможно также применение традиционных приемов для дальнейшего повышения работоспособности цикла, например дополнительное сжатие рабочей среды в компрессоре непосредственно перед ее нагреванием, и применение многоступенчатого нагревания и расширения рабочей среды.

На фиг. 1, 2 и 3 изображены в координатах T-S диаграммы идеальных газовых теплотехнических циклов: соответственно машины Карно (фиг. 1), агрегата, работающего по способу прототипа (фиг. 2) и агрегата, работающего по заявляемому способу (фиг. 3). На фиг. 4 изображена в координатах T-S диаграмма идеального теплотехнического цикла агрегата, работающего по заявленному способу с использованием парожидкостной смеси в качестве рабочей среды. На фиг. 5 и 6 показаны принципиальные схемы установок для осуществления заявляемого способа соответственно в варианте использования в качестве рабочей среды газообразного

Диаграммы на фиг. 1, 2 и 3 поясняют особенности предлагаемого способа по сравнению с циклом Карно (фиг. 1) и способом прототипа (фиг. 2). Здесь все указанные циклы изображены в виде одинаковых прямоугольников 1-2-3-4. Горизонтальными участками диаграмм 1-2 и 3-4 представлены соответственно изотермические ($T = \text{const}$) и изохальпические ($H = \text{const}$) процессы расширения и сжатия идеального газа. Эти процессы протекают при обмене энергией рабочей среды (газа) с внешним источником энергии (уровень T_1 и H_1) и дополнительным источником энергии (уровень T_2 и H_2). В случае квазистатического цикла Карно, для которого скорость и кинетическая энергия потока равны нулю, процессы изохальпического расширения и сжатия газа протекают при наличии как теплового, так и эквивалентного механического взаимодействия рабочей среды и источников энергии на каждом уровне T_i и H_i , т.е. если подводится (отводится) тепловая энергия, то одновременно отводится (подводится) равная по величине механическая энергия и наоборот.

В способе прототипа (фиг. 2), учитывающем влияние скорости, идеальные газовые процессы изохальпического сжатия (3-4, фиг. 2) и расширения (1-2, фиг. 2) проводят лишь при одной (а именно тепловой) форме взаимодействия с источниками энергии, охлаждая сверхзвуковой поток при сжатии и нагревая дозвуковой поток при расширении. При этом характерное для цикла Карно обязательное механическое взаимодействие в этих процессах отсутствует.

В предлагаемом способе, как показано на фиг. 3, процесс изохальпического сжатия 3-4 проводят с передачей потоку дополнительной энергии, форма которой соответствует сжатию потока в дозвуковой или сверхзвуковой областях движения, например, механической работы. Геометрию сопла (поперечного сечения потока) при этом регулируют (подбирают) таким образом, чтобы скорость (и кинетическая энергия) потока и давление рабочей среды возрастали, а энтропия (температура) оставались постоянными. Особенностью процесса 1-2 фиг. 3 изохальпического расширения потока является то, что от внешнего теплового источника подводится лишь часть необходимой для расширения (нагрева) тепловой энергии Q_{out} , а другую часть этой энергии Q_{in} выделяют от внутреннего источника (регенеративно) преобразованием избыточного скоростного напора потока в его тепловую энергию путем трения (дросселирования).

Процессы 2-3 и 4-1 на диаграммах фиг. 1, 2 и 3 характеризуют переход рабочей среды (газа) с одного изохальпического уровня на другой. Причем, если в цикле Карно такой переход сопровождается обязательным отбором (при расширении) и потреблением (при сжатии) механической энергии, то в способах прототипа и предлагаемого способа сжатие рабочей среды (процессы 4-1) может быть осуществлено в тепло- и механически изолированных соплах преобразованием кинетической энергии потока в потенциальную, приводящую к повышению энтропии и температуры вещества при

среды.

Кроме того, в заявленном способе нагревание потока рабочей среды возможно проводить не только изотермически, но и при других условиях, например изобарически $P = \text{const}$, что изображается кривой 1-2' фиг. 3. Отрезки 1-5 изотермы 1-2 и 1-5' изобары 1-2' фиг. 3 характеризуют области внутреннего (регенеративного) нагрева потока рабочей среды.

Фиг. 4 иллюстрирует вариант заявляемого способа с использованием парожидкостной смеси в качестве рабочей среды. В этом случае предварительно сжатую рабочую среду в жидком состоянии расширяют и испаряют в изобарном процессе 1-2 с подводом теплоты Q_{out} от внешнего теплового источника. Образовавшийся мокрый или сухой пар далее расширяют по адиабате 2-3 в турбине (детандере) с отбором внешней работы. В процессе этого расширения температура потока рабочей среды уменьшается и происходит образование конденсированной (жидкой) фазы. После турбины мокрый пар разделяют в сепараторе, например, с помощью гравитационного или центробежного полей, на паровую и жидкую составляющие. Этот процесс на фиг. 4 представлен штриховой линией 7-3-4-, точки 7 и 4 которой расположены соответственно на ветвях жидкости и пара кривой насыщения. Затем паровую составляющую потока рабочей среды разгоняют в сопле Лаваля (процесс 4-5 на фиг. 4) до сверхзвуковых скоростей, например до чисел Маха $M = 2-5$. При таком повышении скорости энергия теплового движения молекул среды преобразуется в кинетическую энергию движения потока, температура и внутренняя энергия рабочей среды понижаются. Процесс 5-6 диаграммы фиг. 4 иллюстрирует сжатие рабочей среды преобразованием кинетической энергии потока в его потенциальную энергию. Это преобразование осуществляют торможением сверхзвукового потока пара введением в него жидкой (более плотной) составляющей, приводящим к резкому снижению местной скорости звука в парожидкостной смеси и возникновению скачков уплотнения с многократным повышением давления рабочей среды. Более подробные сведения о скачках уплотнения приведены в [2, 5]. Кроме того, на фиг. 4 изображены следующие процессы:

6-1 - дополнительное сжатие парожидкостной рабочей среды в компрессоре с совершением механической работы, равной A_{in} ;

7-8 и 8-6 - первоначальное охлаждение и последующее нагревание жидкой составляющей рабочей среды при ее смешении со сверхзвуковым потоком пара.

В этом варианте заявляемого способа для идеального цикла также характерно полное преобразование потока теплоты Q_{out} , получаемой рабочей средой от внешнего теплового источника, в поток работы A_{out} , передаваемый внешней нагрузке, т.е. $Q_{\text{out}} = A_{\text{out}}$. Общее количество механической энергии A , вырабатываемой турбиной, определяется энергетическим балансом $A = Q_{\text{out}} + A_{\text{in}}$.

Заявляемый способ преобразования тепловой энергии в механическую может быть

газотурбинной установки, схема которой представлена на фиг. 5. Она состоит из подогреваемого пара 1, турбины 2 с электрогенератором, сверхзвукового теплоизолированного сопла 3, диффузора 4, снабженного механизмом (крыльчаткой) 5 для сжатия потока, и теплоизолированного диффузора 6. Стрелками на фиг. 5 обозначены потоки тепловой и механической энергии.

Способ также может быть реализован с применением другого устройства, представленного в виде схемы фиг. 6. Это устройство представляет собой замкнутый пароконденсационный цикл, включающий нагреватель 1, турбину с электрогенератором 2, сепаратор 3, сопло Лаваля 4, насос 5, смеситель 6 и компрессор 7, приводимый в действие турбиной 2.

Из представленных схем на фиг. 5 и 6 следует, что установки для реализации заявляемого способа сравнительно просты и могут быть выполнены при существующем уровне техники.

Предлагаемый способ по сравнению с прототипом имеет ряд преимуществ: 1) повышает КПД тепломеханических преобразований до значений, близких к единице; 2) позволяет использование низкотемпературных источников тепловой энергии и снижение температурного диапазона цикла за пределы уровня окружающей среды.

Достижение положительных эффектов в предлагаемом способе становится возможным благодаря применению специальной системы регенерации тепловой энергии рабочей среды, расширенной после совершения механической работы. Эта система регенерации осуществляется первоначально преобразованием внутренней (тепловой) энергии рабочей среды в кинетическую энергию движения потока при сравнительно низких температурах, а затем преобразованием кинетической энергии в другие формы энергии (потенциальную, тепловую и механическую) при повышенных температурах. Такая регенерация практически не требует затрат внешней энергии и позволяет достигнуть высокой степени преобразования тепловой энергии внешнего источника в механическую энергию.

Использованные источники

1. Теплоэнергетика /А.Б. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др. - М.: Энергоиздат, 1991. - 224 с., ил. 61.

2. Фисенко В.В. Сжимаемость теплоносителя и эффективность работы контуров циркуляции ЯЭУ. - М: Энергоатомиздат, 1987, с. 108.

3. Способ преобразования тепловой энергии внешнего источника тепла в механическую работу. Пат. 2078253 RU МКИ 6 F 03 G 7/06. /Смирнов Л.Н. Заявл. 28.07.94; Оpubл. 27.04.97.

4. Леонтьев А.И., Шмидт К.Л. Бескомпрессорный идеальный цикл замкнутой газотурбинной установки// Известия РАН. Энергетика. - 1997. - N 3. - С. 132-141.

5. Фисенко В. В. Критические двухфазные потоки. - М.: Атомиздат, 1978, 160 с.

Формула изобретения:

1. Способ преобразования низкотемпературной тепловой энергии в

расширение потока рабочей среды подводом к нему теплоты от внешнего источника энергии, расширение потока с отбором механической работы, сжатие рабочей среды изменением скорости потока и воздействием на него дополнительным источником энергии, отличающийся тем, что при воздействии на поток дополнительным источником энергии к потоку рабочей среды подводят дополнительную энергию и/или вещество.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что после расширения потока рабочей среды с отбором работы скорость потока увеличивают до значений больших скорости звука.

3. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что при воздействии дополнительного источника энергии поток сжимают, совершая механическую работу.

4. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что в качестве дополнительного источника энергии используют часть общего потока

которую предварительно выделяют с помощью гравитационного и/или центробежного потоков из общего потока рабочей среды после расширения, а затем возвращают обратно после ускорения другой части рабочей среды.

5. Способ по пп.1 - 4, отличающийся тем, что в качестве рабочей среды используют смесь компонентов с различными критическими температурами.

6. Способ по пп.1 - 5, отличающийся тем, что в качестве рабочей среды используют многофазные смеси, например смеси жидких и газообразных веществ.

7. Способ по пп. 1 - 6, отличающийся тем, что непосредственно перед нагреванием рабочую среду дополнительно сжимают.

8. Способ по пп.1 - 7, отличающийся тем, что проводят многоступенчатое нагревание и расширение рабочей среды.

5

10

15

20

25

30

35

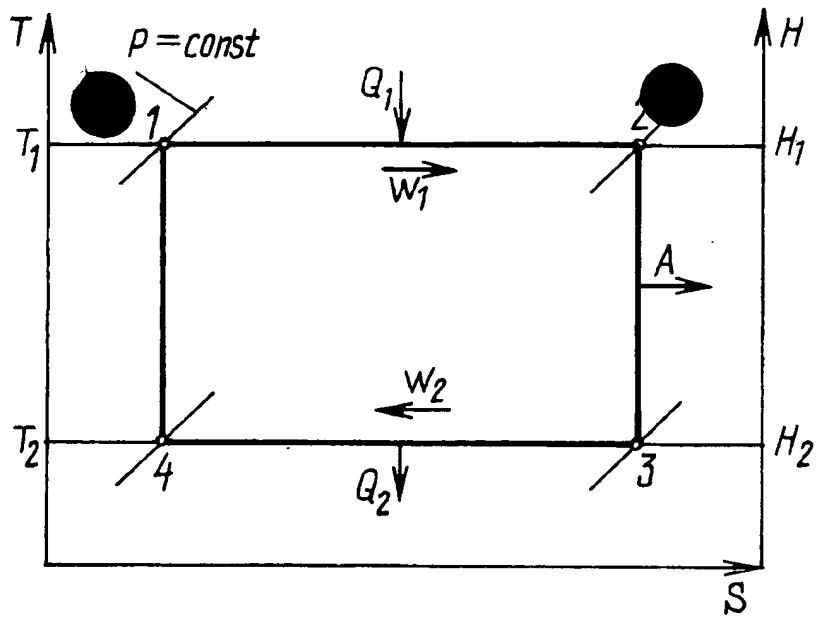
40

45

50

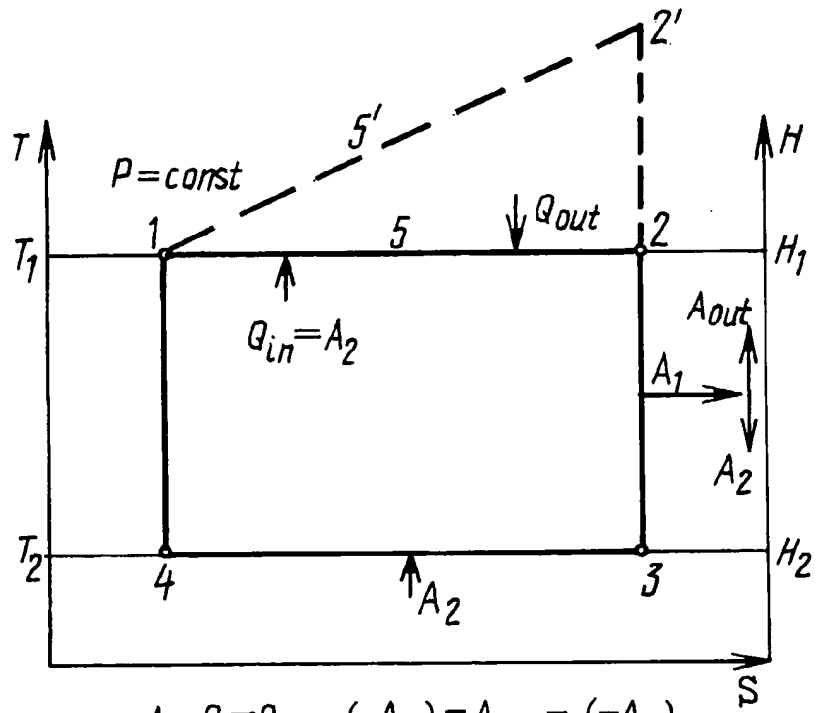
55

60



$$A = Q_1 - Q_2$$

Физ. 2



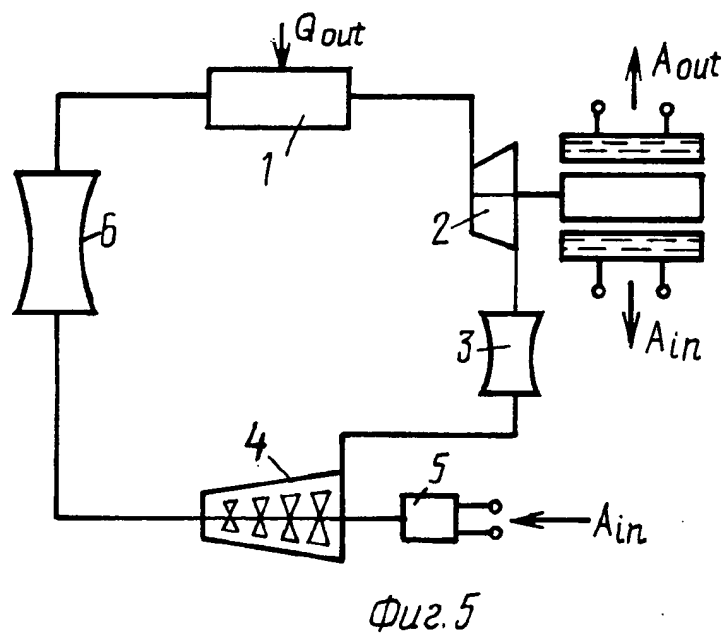
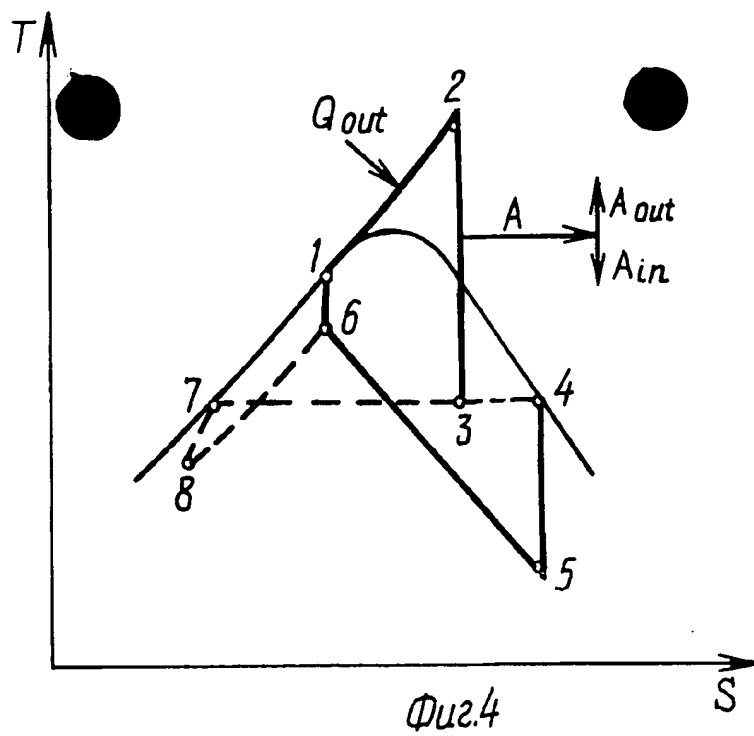
$$A = Q = Q_{out} - (-A_2) = A_{out} - (-A_2)$$

Физ. 3

RU 2162161 C2

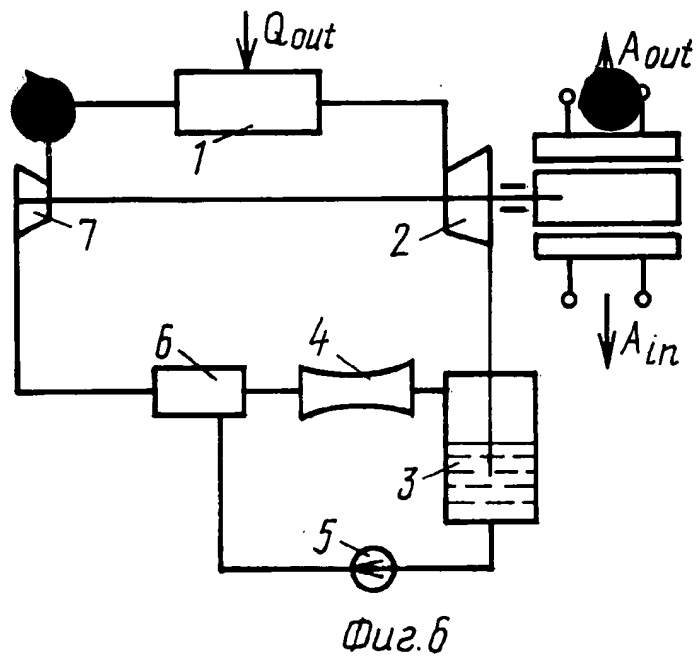
RU 2162161 C2

RU 2162161 C2



RU 162161 C2

RU 2162161 C2



RU 2162161 C2